

发电机励磁系统低励限制对进相深度的影响

王涛^{1,2}, 黄睿^{1,2}, 韩爱民^{1,2}

(1. 四川省电力工业调整试验所, 四川 成都 610016;

2. 国网四川省电力公司电力科学研究院电源技术中心, 四川 成都 610072)

摘要: 发电机进相试验完成后, 根据试验结果需要对励磁系统的低励限制曲线定值进行设置。不同的励磁系统的低励限制曲线设置原理有所不同, 导致不同发电机即使进相定值设置相同, 而实际运行时进相深度会不同。将讨论 2 种低励限制曲线设置对发电机进相深度的影响。

关键词: 发电机; 低励磁限制; 进相

Abstract: After finishing the leading power factor test of generator, the set points for the low excitation limit curve should be determined according to the test results. But different setting principles cause different leading power factor depth during the actual operation of generators, even if the different generators have the same set points for the leading power factor operation. The influences of two settings for low excitation limit curve on leading power factor depth are discussed.

Key words: generator; low excitation limit; leading power factor operation

中图分类号: TM31 文献标志码: B 文章编号: 1003-6954(2016)05-0040-03

DOI:10.16527/j.cnki.cn51-1315/tm.2016.05.009

0 引言

随着电力系统超(特)高压、大容量、远距离输电的现代化建设和发展, 系统电压过高的问题日益突出, 严重影响了电网的安全运行, 目前输配电系统降低系统电压常用的方法是改变系统无功负荷进行调压, 如采用并联电容器、并联电抗器、串联电抗器、静止补偿器等进行调压^[1]; 而在电网侧利用发电机进相运行进行无功调节的方法可直接调控系统电压, 由于其操作简单、降压效果明显且运行经济, 目前在电网调度运行中广为采用。

近年来电网调度机构对并入电网的大中型发电机组都要求进行发电机进相运行试验, 以确定机组在实际运行情况下的进相深度。在电厂(站)中, 并网发电机在进行完进相试验后, 电网调度机构会根据进相试验结果, 向电厂(站)下达低励限制定值, 电厂(站)根据该定值对励磁系统进行科学化设置。励磁系统低励限制值决定着发电机的进相深度; 而由于国内外众多励磁厂家生产的励磁系统中, 其低励限制单元的原理和逻辑不尽完全相同, 目前针对不同励磁系统的低励限制单元对进相深度的影响这项研究工作开展得较少。下面对两种典型的发电机

励磁系统低励限制环节与实际进相深度的响应进行了研究和对比, 得出“不同励磁系统设备低励限制环节的原理程序有所不同, 对发电机进相深度具有显著影响”的结论。

1 影响发电机进相深度的因素

1.1 发电机定子电压和厂用电电压

发电机的最低运行电压, 应根据稳定运行的要求来确定, 发电机定子电压不低于额定值的 90%, 厂用电电压不低于额定值的 90% 或按机组运行规程执行。

1.2 发电机定子电流

发电机进相运行试验时, 其定子电流不得超过额定值。

1.3 定子边段铁心和金属结构件的温度

发电机定子边段铁心温度不得超过 GB/T 7064^[2]、GB/T 7894^[3]中的相关规定。

1.4 系统电压

发电机进相运行时, 系统电压不得低于调度给定的运行电压曲线下限值。

1.5 稳定限制

发电机进相试验时不得失去静稳定和动稳定,

并留有一定的裕度^[4]。汽轮发电机功角不大于70°，水轮发电机静稳定极限功角按照《同步发电机进相试验导则》^[5]中典型曲线，并考虑15°的裕度。

2 发电机进相试验方法与过程

1) 发电机与系统并列，带自动励磁调节器，在每种有功功率下做进相试验，从迟相做到进相，直到发电机进相至上述有关限额值之一为止^[6]。

2) 根据试验结果，提出低励限制整定建议值并进行整定。

3) 在满负荷下使发电机进相运行，验证发电机调节器低励限制环的静态和动态特性。

4) 低励限制环节的动态特性检验应在进相无功功率接近整定值时，通过给定电压下阶跃的方法进行检验，对有功功率、无功功率、机端电压、机端电流、转子电压、转子电流等进行录波分析。发电机有功功率不应出现等幅或发散振荡，无功功率波动次数不能大于5次^[6]。

3 两台发电机进相试验数据

3.1 两台发电机主要参数

两台发电机的主要参数大致相同，如表1所示。

表1 发电机参数

	A	B
发电机型号	HLA920-LJ-303	SF85-44/9200
额定功率 /MW	80	85
额定功率因数(迟相)	0.85	0.9
额定定子电压 /kV	13.8	13.8
额定定子电流 /A	3 937.6	3 951.3
横轴同步电抗 X_q	0.632	0.681

3.2 两台发电机进相试验结果

A 发电机进相试验结果如表2所示。

表2 A 发电机进相试验结果

有功功率 /MW	进相深度 /Mvar	限制因素
0	-55	厂用电压低
40	-52	厂用电压低
64	-50	厂用电压低
80	-38	定子过电流

A 发电机在 $P = 0$ MW 时，可进相至 $Q = -55$

Mvar 运行，受厂用电电压低的限制；在 $P = 40$ MW 时，可进相至 $Q = -52$ Mvar 运行，此时受厂用电电压低的限制；在 $P = 64$ MW 时，可进相至 $Q = -50$ Mvar 运行，此时受厂用电电压低的限制；在 $P = 80$ MW 时，可进相至 $Q = -38$ Mvar 运行，此时受定子过电流的限制。

B 发电机进相试验结果如表3所示。

表3 B 发电机进相试验结果

有功功率 /MW	进相深度 /Mvar	限制因素
0	-31	机端电压受限
42.5	-30	机端电压受限
63.75	-28	机端电压受限
85	-16	定子电流受限

B 发电机在 $P = 0\% P_n$ 时，可进相至 $Q = -31$ Mvar 运行，受机端电压低的限制；在 $P = 50\% P_n$ 时，可进相至 $Q = -30$ Mvar 运行，受机端电压低的限制；在 $P = 75\% P_n$ 时，可进相至 $Q = -28$ Mvar 运行，受机端电压低的限制；在 $P = 100\% P_n$ 时，可进相至 $Q = -16$ Mvar 运行，受定子电流大的限制。

4 低励限制环的静态及动态特性校验

4.1 A 发电机低励限制环的静态及动态特性校验

A 发电机进相试验完成后，按 $P = 0$ MW $Q = -42$ Mvar； $P = 40$ MW $Q = -40$ Mvar； $P = 64$ MW $Q = -40$ Mvar； $P = 0$ MW $Q = -30$ Mvar 进行整定，并在满负荷下使发电机进相运行，验证发电机励

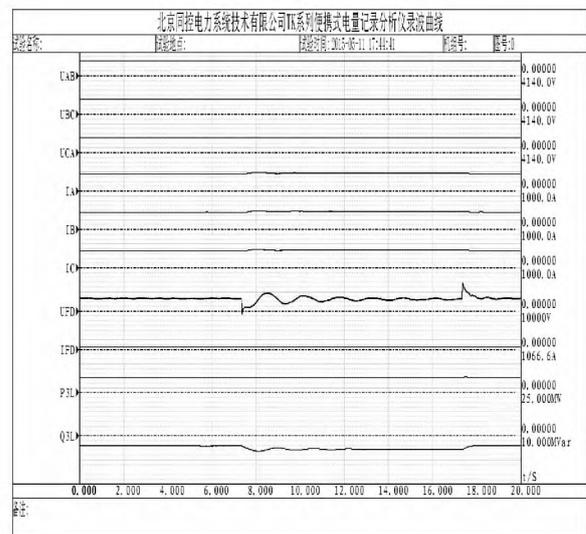


图1 A 发电机低励限制环动态特性校验录波曲线

磁调节器低励限制环的静态和动态特性。在进相过程中,进相深度达到低励限制曲线时,装置可靠告警,整定值正确,静态特性满足要求。低励限制环节的动态特性检验在进相无功功率接近整定值时,通过给定电压阶跃的方法进行检验,阶跃量为 -2% 。并用录波仪表对发电机有功功率、无功功率、机端电压、机端电流、转子电压、转子电流等进行录波,录波曲线图如图 1 所示。由图可见,发电机有功功率无等幅或发散振荡,无功功率波动次数不大于 5 次,结果表明此低励限制环节动态特性亦满足要求。

4.2 B 发电机低励限制环的静态及动态特性校验

B 进相试验完成后,按 $P = 0 \text{ MW}, Q = -27 \text{ Mvar}; P = 42.5 \text{ MW}, Q = -27 \text{ Mvar}; P = 63.75 \text{ MW}, Q = -25 \text{ Mvar}; P = 85 \text{ MW}, Q = -14 \text{ Mvar}$ 进行整定,并在满负荷下使发电机进相运行,验证发电机励磁调节器低励限制环的静态和动态特性。由于该发电机励磁系统的固有程序,低励限制值的实际动作值还受到实际运行工况下的机端电压影响,机端电压越低,低励限制实际动作值越浅,因此当设定 $P = 0 \text{ MW}, Q = -27 \text{ Mvar}; P = 42.5 \text{ MW}, Q = -27 \text{ Mvar}; P = 63.75 \text{ MW}, Q = -25 \text{ Mvar}; P = 85 \text{ MW}, Q = -14 \text{ Mvar}$ 进行整定后,在满负荷进相运行至约 -6.8 Mvar 时,装置告警,静态特性满足要求。低励限制环节的动态特性检验通过给定电压下阶跃的方法进行检验,阶跃量为 -2% 。并用录波仪表对发电机有功功率、无功功率、机端电压、机端电流、转子电压、转子电流等进行录波。

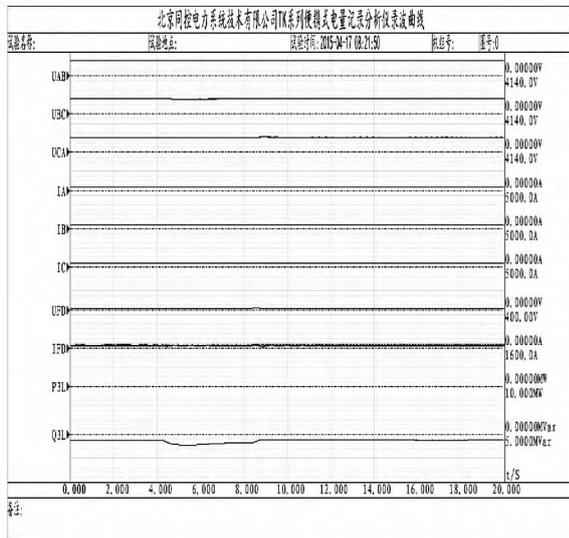


图 2 B 发电机低励限制环动态特性校验录波曲线
录波曲线图如图 2 所示,由图可见,发电机有

功率无等幅或发散振荡,无功功率波动次数不大于 5 次,结果表明此低励限制环节动态特性亦满足要求。

5 结 论

不同的励磁系统设备,低励限制环节原理程序有所不同,对机组的进相深度具有显著影响。

1) 根据上面两台机低励限制环节动态特性曲线可看出:A 发电机给定电压下阶跃后,励磁电压有明显的突变,突变后经过 4 次振荡衰减趋于稳定;而 B 发电机给定电压下阶跃后,励磁电压没有明显的变化,比较稳定。从而可以看出机端电压突变后,B 发电机的低励限制环节对励磁电压的突变有较好的抑制作用。

2) 在两台机满负荷进相过程中,A 发电机进相深度达到低励限制曲线时,装置告警,低励限制动作;动态特性检验在进相无功功率接近整定值时,通过给定电压阶跃的方法进行检验,动态特性满足要求。而对于 B 发电机,由于该发电机励磁系统的固有程序,低励限制值的实际动作值还受到实际运行工况下的机端电压影响,机端电压越低,低励限制实际动作值越浅,发电机进相深度未达到低励限制曲线时,装置告警,低励限制动作,这种设置使得发电机在机端电压较低时,就不能进相太深,更加有利于保护发电机和厂用设备的安全运行,更加满足实际运行情况。

参考文献

- [1] 王成亮,王宏华. 同步发电机进相研究综述[J]. 电力自动化设备, 2012, 32(11): 131 - 135.
- [2] GB/T 7064 - 2008 隐极同步发电机技术要求[S].
- [3] GB/T 7894 - 2009 水轮发电机基本技术条件[S].
- [4] 严伟,陈俊,沈全荣. 大型隐极发电机进相运行的探讨[J]. 电力系统自动化, 2007, 31(2): 94 - 97.
- [5] DL/T 1523 - 2016 同步发电机进相试验导则[S].
- [6] 李建明,朱康. 高压电气设备试验方法[M]. 北京: 中国电力出版社, 2001: 523 - 535.

(收稿日期: 2016 - 04 - 19)